

Técnicas de Controle da Poluição do Ar

Professor:
Neyval Costa Reis Jr.



Departamento de Engenharia Ambiental
Centro Tecnológico
UFES

Fundamentos da Dispersão Atmosférica

- **Ementa:** Legislação sobre poluição do ar. Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão. Estatística da poluição do ar (distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes, excedência de níveis críticos, formas alternativas de padronizar a qualidade do ar, distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar). Processos industriais potencialmente poluidores. Processos de combustão. Princípio de funcionamento de equipamentos de controle da poluição do ar proveniente de fontes estacionárias e móveis: Equipamentos coletores de partículas, de gases e de vapores. Fatores que afetam o rendimento da coleta.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- CONAMA, "Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR", Resolução no.05 de 15/06/89.
- CONAMA, "Padrões Nacionais de Qualidade do Ar", Resolução no.03 de 28/06/90.
- Cooper, C. D., Alley, F. C., Air Pollution Control: A Design Approach, Waveland Press, 3rd ed., 2002.
- Schenelle, KB Jr and Brown, CA Air Pollution Control Technology Handbook. CRC. Press LLC. Boca Raton, FL. 2002.
- Schenelle, K. B. e Dey, P.R., Atmospheric Dispersion Modeling Compliance Guide, McGraw-Hill, 1999 .
- Stern, A.C., Boudel, R.W. Turner, D.B., Fox, D.L., "Fundamentals of Air Pollution", Academic Press, 3a. Edição, 1994.

Programa Detalhado

- **Legislação sobre poluição do ar:**
- Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão.
- Ferramentas de análise
 - Distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes
 - Distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar
 - Formas alternativas de padronizar a qualidade do ar
- Processos industriais potencialmente poluidores.
 - Estimativas de emissão
 - Técnicas de medição
- Equipamentos de controle de poluição do ar
 - Ventilação Industrial
 - Perda de carga
 - Ventiladores
 - Projeto de tubulação
 - Captores
 - Equipamentos coletores de particuladas
 - Filtros de Manga
 - Coletores Inerciais
 - Lavadores de Gases
 - Precipitadores Eletrostáticos
 - Pós-Queimadores
 - Equipamentos coletores de gases e de vapores.
 - Lavadores de Gases
 - Adsorvedores
 - Bio-Filtros
 - Pós-Queimadores
- Produção Mais Limpa

Elementos Básicos da Legislação

- Comando
 - Legislação (Leis, Decretos e Resoluções)
- Controle
 - Monitoramento
 - Fiscalização
 - Licenciamento
 - Zoneamento

Legislação Brasileira referente a poluição do ar

- As principais resoluções do CONAMA relacionadas à poluição do ar são:
 - [Resolução CONAMA Nº 005/1989](#) – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
 - [Resolução CONAMA Nº 003/1990](#) – Padrões de qualidade do ar
 - [Resolução CONAMA Nº 008/1990](#) – Limites de emissão
- Existem outras específicas como:
 - [Resolução CONAMA Nº 316/2002](#) – Tratamento térmico de resíduos (incineradores)
 - [Resolução CONAMA Nº 016/1995](#) - PROCONVE

Resolução CONAMA n.º 005/89

- O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso VII, do Art. 8º, da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 e o Art 48, do Decreto nº 88.351 de 01 de junho de 1983,
- Considerando o acelerado crescimento urbano e industrial brasileiro e da frota de veículos automotores;
- Considerando o progressivo e decorrente aumento da poluição atmosférica principalmente nas regiões metropolitanas;
- Considerando seus reflexos negativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente;
- Considerando as perspectivas de continuidade destas condições e,
- Considerando a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar, válidas para todo o território nacional, conforme previsto na Lei 6.938 de 31.08.81 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, RESOLVE:
- I - Instituir o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica com vistas a:
 - a) uma melhoria na qualidade do ar;
 - b) o atendimento aos padrões estabelecidos;
 - c) o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas.

Resolução CONAMA n.º 005/89

2 - ESTRATÉGIAS

A estratégia básica do PRONAR é limitar, à nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

2.1 - LIMITES MÁXIMOS DE EMISSÃO

Entende-se por limite máximo de emissão a quantidade de poluentes permissível de ser lançada por fontes poluidoras para a atmosfera.

Os limites máximos de emissão serão diferenciados em função da classificação de usos pretendidos para as diversas áreas e serão mais rígidos para as fontes novas de poluição.

2.1.1 - Entende-se por fontes novas de poluição aqueles empreendimentos que não tenham obtido a licença prévia do órgão ambiental licenciador na data de publicação desta Resolução.

Os limites máximos de emissão aqui descritos serão definidos através de Resoluções específicas do CONAMA.

Resolução CONAMA n.º 005/89

2.2 - ADOÇÃO DE PADRÕES NACIONAIS DE QUALIDADE DO AR

Considerando a necessidade de uma avaliação permanente das ações de controle estabelecidas no PRONAR, é estratégica a adoção de padrões de qualidade do ar como ação complementar e referencial aos limites máximos de emissão estabelecidos.

2.2.1 - Ficam estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

- a) São **padrões primários de qualidade do ar** as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, podendo ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.
- b) São **padrões secundários de qualidade do ar**, as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora aos materiais e meio ambiente em geral, podendo ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Os padrões de qualidade do ar aqui escritos serão definidos através de Resolução específica do CONAMA.

Resolução CONAMA n.º 005/89

2.3 - PREVENÇÃO DE DETERIORAÇÃO SIGNIFICATIVA DA QUALIDADE DO AR

Para a implementação de uma política de não deterioração significativa da qualidade do ar em todo o território nacional, suas áreas serão enquadradas de acordo com a seguinte classificação de usos pretendidos:

- **Classe I:** Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica.
- **Classe II:** Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade.
- **Classe III:** Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade.

Através de Resolução específica do CONAMA serão definidas as áreas Classe I e Classe III, sendo as demais consideradas Classe II.

Link para
[Resolução CONAMA n.º 05/89.](#)

Resolução CONAMA n.º 03/90.

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR, RESOLVE:

Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II - inconveniente ao bem-estar público;
- III - danoso aos materiais, à fauna e flora.
- IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Resolução CONAMA n.º 03/90.

Art. 2º - Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

- I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA n.º 3 de 28/06/90)

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário µg/m ³	Padrão secundário µg/m ³	Método de medição
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1) MGA (2)	240 80	150 60	Amostrador de grandes volumes
Dióxido de Enxofre	24 horas MAA (3)	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de Carbono	1 hora (1) 8 horas	40.000 35 ppm 10.000 (9 ppm)	40.000 35 ppm 10.000 (9 ppm)	Infravermelho não dispersivo
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas (1) MAA (3)	150 60	100 40	Refletância
Partículas Inaláveis	24 horas (1) MAA (3)	150 50	150 50	Separação Inercial / Filtração
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1) MAA (3)	320 100	190 100	Quimiluminescência

Link para
[Resolução CONAMA n.º 03/90.](#)

Padrões nacionais de qualidade do ar

Resolução CONAMA n.º 03/90.

Episódios Críticos de Poluição:

É a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera, em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis a dispersão dos mesmos. São definidos três níveis:

- Nível de Atenção,
- Nível de Alerta
- Nível de Emergência

Resolução CONAMA n.º 03/90.

Episódios Críticos de Poluição:

É a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera, em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis a dispersão dos mesmos. São definidos três níveis:

- Nível de Atenção,
- Nível de Alerta
- Nível de Emergência

Decréscimo da resistência física, e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardíaco-respiratórias. Sintomas gerais na população sadia.

Aparecimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento de sintomas. Decréscimo da resistência física em pessoas saudáveis

Morte prematura de pessoas doentes e pessoas idosas. Pessoas saudáveis podem acusar sintomas adversos que afetam sua atividade normal

Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Res. CONAMA nº 3 de 28/06/90)

PARÂMETROS	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre (µg/m ³) - 24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) (µg/m ³) - 24 h	375	625	875
SO ₂ X PTS (µg/m ³ Xµg/m ³) - 24 h	65.0000	261.00	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) - 8 h	15	30	40
Ozônio (µg/m ³) - 1 h	400*	800	1.000
Partículas Inaláveis (µg/m ³) - 24 h	250	420	500
Fumaça (µg/m ³) - 24 h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio (µg/m ³) - 1 h	1.130	2.260	3.000

Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar para a região de São Paulo
(fonte: CETESB)

Estado de Atenção	Quando o Estado de Atenção é declarado, devido a monóxido de carbono ou oxidantes fotoquímicos, é solicitada a restrição voluntária do uso de veículos automotores particulares. No caso do material particulado ou dióxido de enxofre, as atividades industriais como limpeza de caldeiras ou a operação de incineradores só podem ser realizadas em um período determinado do dia, assim como devem ser adiados o início de novas operações de processamentos industriais. Devem ser eliminadas imediatamente as emissões de fumaça preta por fontes estacionárias que estiverem fora dos padrões legais, bem como a queima de qualquer material ao ar livre.
Estado de Alerta	No caso do Estado de Alerta ser declarado por monóxido de carbono ou oxidantes fotoquímicos, fica impedida a circulação de veículos na área atingida, no período das 6 às 21 horas. Se os poluentes responsáveis pelo estado de Alerta forem o material particulado ou o dióxido de enxofre ficam proibidas as operações industriais de limpeza de caldeira, operação de incineradores e circulação de veículos a óleo diesel fora dos padrões legais.
Estado de Emergência	Declarado o Estado de Emergência , no caso de CO, O3 e SO2, são totalmente proibidas a circulação e o estacionamento de veículos na área atingida, assim como são totalmente paralisadas as operações industriais, quando os poluentes forem o MP ou o SO2.

Monitoramento da qualidade do ar

Para os demais poluentes que não estão inseridos nos padrões é necessário utilizar as diretrizes da OMS ou da EPA, como por exemplo: Estudos de mutagênese e carcinogênese ou os Threshold Limit Values (TLV) – Valores Limiares, publicados anualmente pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (NESHAPS) - Conferência americana de Higienistas Industriais Governamentais

Acesse as o documento de diretrizes da OMS através do link:
http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4

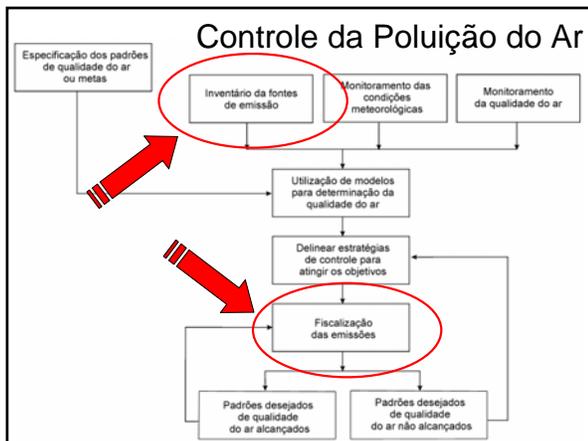
Resolução CONAMA n.º 008/90

- Art. 1º - Estabelecer, em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potências nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores.
- Art. 2º - Para efeitos desta Resolução, ficam definidos os seguintes limites máximos de emissão para particular totais e dióxido de enxofre (SO2), expressos em peso de poluentes por poder calorífico superior do combustível e densidade colorimétrica, consoante a classificação de usos pretendidos definidas pelo PRONAR.
- Art. 3º - Para outros combustíveis, exceto óleo combustível e carvão numeral, caberá aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente o estabelecimento de limites máximos de emissão para partículas totais, dióxido e enxofre e, se for o caso, outros poluentes, quando do licenciamento ambiental do empreendimento.
- Art. 4º - Cabe aos órgãos Estaduais de Meio Ambiente propor aos governos de seus respectivos estados o enquadramento de suas áreas Classe I e III, conforme já previsto na Resolução/conama/nº 05/89 e Resolução/conama/nº 05/89 e Resolução/conama/nº 03/90.
- Art. 5º - O atendimento aos limites máximos de emissão aqui estabelecidos, não exime o empreendedor do atendimento a eventuais exigências de controle complementares, conforme a legislação vigente.
- Art. 6º - A verificação do atendimento aos limites máximos de emissão fixado através desta Resolução, quando do fornecimento da LO - Licença de Operação, poderá ser realizada pelo órgão ambiental licenciador ou pela Empresa em Licenciamento, desde que com acompanhamento do referido órgão ambiental licenciador.
- Art. 7º - Os limites máximos de emissão aqui fixados são passíveis de uma 1a. revisão dentro de dois anos, e em seguida a cada 05 (cinco) anos, quando também poderão ser, eventualmente, acrescentados outros poluentes gerados nos processos de combustão externa em fontes fixas.

Link para
[Resolução CONAMA n.º 08/90.](#)

Programa Detalhado

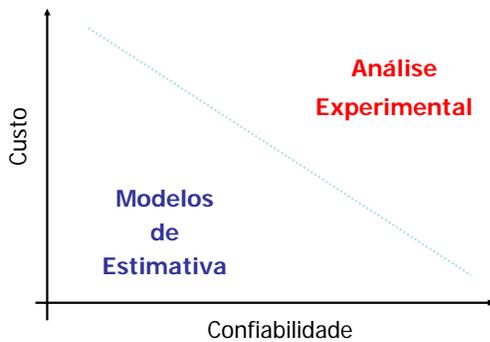
- Legislação sobre poluição do ar.
- Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão.
- Ferramentas de análise
 - Distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes
 - Distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar
 - Formas alternativas de padronizar a qualidade do ar
- **Processos industriais potencialmente poluidores.**
 - Estimativas de emissão
 - Técnicas de medição
- Equipamentos de controle de poluição do ar
 - Ventilação Industrial
 - Perda de carga
 - Ventiladores
 - Projeto de tubulação
 - Captores
 - Equipamentos coletores de partículas
 - Filtros de Manga
 - Coletores Inerciais
 - Lavadores de Gases
 - Precipitadores Eletrostáticos
 - Pós-Queimadores
 - Equipamentos coletores de gases e de vapores.
 - Lavadores de Gases
 - Adsorvedores
 - Bio-Filtros
 - Pós-Queimadores
- Produção Mais Limpa



Importância

- Inventário das Fontes de Emissão → • Monitoramento (medição)
- Modelos de estimativa de emissão
- Fiscalização → • Monitoramento (medição)

Estimativa de Fontes



Modelos de Estimativa de Fontes

- Baseiam-se em dados coletados experimentalmente em diversas fontes de emissão semelhantes. Correlacionando **parâmetros operacionais** (ex.: tipo de combustível, volume de produção, etc.) com dados de **emissão**.

Modelos de Estimativa de Fontes

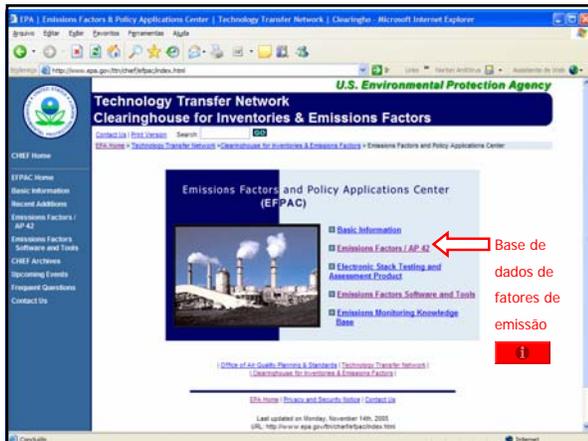
- Principais utilizações:
 - Licenciamento das atividades poluidoras depende da avaliação dos impactos causados pelo empreendimento
 - A metodologia de estimativa e projeção de emissão da poluição é, muitas vezes, o único recurso para avaliar a emissão das indústrias.
 - As estimativas de emissão se mostram como um bom ponto de partida para avaliações mais completas.

Metodologias para estimativa de poluição industrial

- Órgãos e agências de proteção ambiental e prevenção da poluição mantêm bases de dados referente a poluição que são utilizadas em metodologias de estimativa de emissão de poluentes (4 principais):
 1. OMS
 2. Banco Mundial
 3. Comissão Europeia (CORINAIR)
 4. EPA (AP 42)

	Instrumento	Substâncias avaliadas	Parâmetros ligados à atividade industrial	Vantagens para aplicação no Brasil	Desvantagens para aplicação no Brasil
AP 42 - US EPA	Fatores de emissão, baseados na medida das indústrias americanas (EPA).	Poluentes do ar: PT, SO ₂ , NO _x , CO, VOC, metais e outros.	Quantidade produzida, quantidade de matéria-prima consumida	Relaciona poluição a quantidade de produto e matéria-prima, fornecendo, resultados mais próximos da emissão efetiva	- Fatores de emissão com base em informações da indústria americana
CORINAIR - Comissão Europeia	Fatores de emissão, baseados na medida das indústrias europeias.	Poluentes do ar: PT, SO ₂ , NO _x , CO, VOC, metais e outros.	Quantidade produzida, quantidade de matéria-prima consumida	Relaciona poluição a quantidade de produto e matéria-prima, fornecendo, provavelmente, resultados mais próximos da emissão efetiva	- Fatores de emissão da indústria europeia
Método de Avaliação Rápida da Poluição - OMS	Fatores de emissão do ar, baseados no documento AP 42 da agência EPA. Fatores de emissão da água e do solo, baseados em dados publicados em vários países, principalmente EUA.	Poluentes da água: DBO, STS, N, P, óleo e outros. Poluentes do ar: PT, SO ₂ , NO _x , CO, VOC, metais e outros. Poluentes do solo	Quantidade produzida, quantidade de matéria-prima consumida	Relaciona poluição a produção e matéria-prima, fornecendo, provavelmente, resultados mais próximos da emissão efetiva	- Fatores de emissão da indústria americana e de outros países
IPPS do Banco Mundial	Fatores de emissão baseado na medida das indústrias americanas	Poluentes da água: DBO, STS, químicos tóxicos da água e metais tóxicos do ar Poluentes do ar: PM10, PT, SO ₂ , CO, VOC, NO _x , químicos tóxicos do ar e metais tóxicos do ar Poluentes do solo: químicos tóxicos do solo e metais tóxicos do solo.	Valor de produção, valor adicionado, número de empregados.	Aplicável em todo território nacional. O número de empregados é um dado disponível.	- A poluição em função do número de empregados introduz erros. - Fatores de emissão da indústria americana.







Fatores de Emissão AP-42

A equação geral para a utilização dos fatores de emissão é:

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

onde:

- E** = Emissão
- A** = Taxa de execução da atividade
- EF** = Fator de emissão característico da atividade
- ER** = % de eficiência do equipamento de controle de poluição utilizado

Table 1.3-4. CUMULATIVE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION AND SIZE-SPECIFIC EMISSION FACTORS FOR UTILITY BOILERS FIRING RESIDUAL OIL*

Particle Size (μm)	Cumulative Mass % Standard Size			Cumulative Emission Factor (lb/10 ³ gal)					
	Uncontrolled	Controlled		Uncontrolled ^b		ESP Controlled ^b		Scrubber Controlled ^b	
		ESP	Scrubber	Emission Factor	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor	EMISSION FACTOR RATING
15	80	75	100	6.7A	C	0.05A	E	0.50A	D
10	71	63	100	5.9A	C	0.042A	E	0.50A	D
6	58	52	100	4.8A	C	0.035A	E	0.50A	D
2.5	52	41	97	4.3A	C	0.028A	E	0.46A	D
1.25	43	31	91	3.6A	C	0.021A	E	0.46A	D
1.00	39	28	84	3.3A	C	0.018A	E	0.42A	D
0.625	20	20	64	1.7A	C	0.007A	E	0.32A	D
TOTAL	100	100	100	8.3A	C	0.067A	E	0.50A	D

* Reference 26. Source Classification Codes 1-01-004-01/04/05/06 and 1-01-005-04/05. To convert from lb/10 gal to kg/m³, multiply by 0.120.
 ESP = electrostatic precipitator.
^a Expressed as aerodynamic equivalent diameter.
^b Particulate emission factors for residual oil combustion without emission controls are, on average, a function of fuel oil grade and sulfur content where S is the weight % of sulfur in the oil. For example, if the fuel is 1.00% sulfur, then S = 1.
 No. 6 oil: A = 1.12(S) + 0.37
 No. 5 oil: A = 1.2
 No. 4 oil: A = 0.84
^c Estimated control efficiency for ESP is 99.2%.
^d Estimated control efficiency for scrubber is 94%.

Exemplo 1

Calcule a emissão de CO de um queimador industrial, que consome 90000 litros de óleo destilado por dia.

Consultando a Seção 1.3 da AP-42, "Fuel Oil Combustion", o fator de emissão para queimadores industriais que utilizam óleo destilado é 0,6 kilogramas de CO por 10³ litros de óleo queimado. Então as emissões de CO são:

$$= \text{Fator de Emissão de CO} \times \text{Volume de óleo consumido por dia}$$

$$= 0,6 \times 90$$

$$= 54 \text{ Kg/dia}$$

Table 1.3-1. (cont.)

Firing Configuration (MCCP)	SO ₂ ^a		SO _x ^b		NO _x ^c		CO ^d		Filterable PM ^e	
	Emission Factor (lb/10 ⁶ gal)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/10 ⁶ gal)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/10 ⁶ gal)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/10 ⁶ gal)	EMISSION FACTOR RATING	Emission Factor (lb/10 ⁶ gal)	EMISSION FACTOR RATING
Boilers < 100 Million Btu/hr										
No. 6 oil fired (1-03-004-02/03) (1-03-004-02/03)	157S	A	2S	A	5S	A	5	A	10	B
No. 5 oil fired (1-03-004-04)	157S	A	2S	A	5S	A	5	A	9.19(S)+3.22	A
No. 4 oil fired (1-03-005-04)	150S	A	2S	A	20	A	5	A	7	B
Distillate oil fired (1-02-005-02/03) (1-03-005-02/03)	142S	A	2S	A	20	A	5	A	2	A
Residual furnace (1-03-100-004, 1-03-100-011)	142S	A	2S	A	18	A	5	A	0.4 ^f	B

onde S é o teor de enxofre no óleo consumido

Qualidade dos fatores de emissão

AP-42

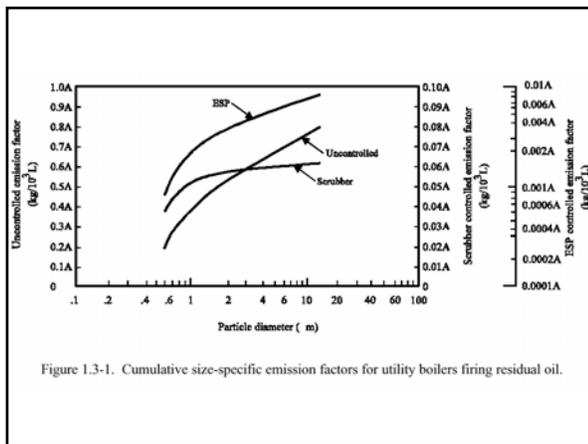
A – Excelente. Os fatores de emissão do tipo A baseiam-se em um grande número de dados experimentais de boa confiabilidade.

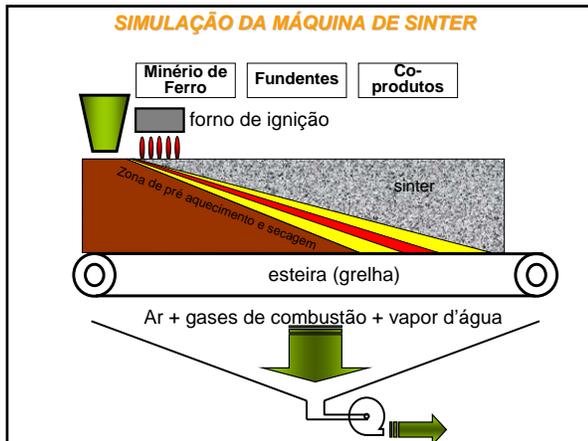
B – Acima da média. Apesar de não tão acurados quanto os fatores do tipo A, os fatores do tipo B apresentam boa confiabilidade, e são baseados em um número razoável de dados.

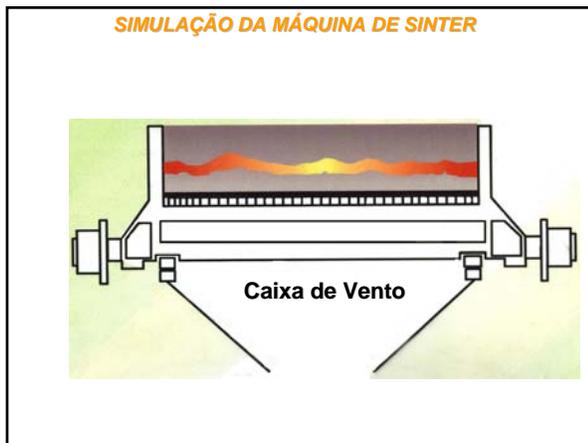
C – Média. Apesar de não tão acurados quanto os fatores do tipo A e B, os fatores do tipo C apresentam boa confiabilidade, e são baseados em um número suficiente de dados de fontes industriais.

D – Abaixo da média. Baseados em um número de amostras menores que os fatores dos tipos A, B e C, ou em dados de menor confiabilidade, aumentando a incerteza de seu valor.

E – Pobre. Baseados em um pequeno número de amostras ou dados de baixa confiabilidade, aumentando a incerteza de seu valor.









AP 42, Fifth Edition, Volume I
Chapter 12: Metallurgical Industry

Source	EMISSION FACTOR RATING	Particle Size (µm) ^a	Cumulative Mass % ≤ Stated Size	Cumulative Mass Emission Factor	
				kg/Mg	lb/ton
Sintering Windbox Uncontrolled leaving grate	D	0.5	4 ^b	0.22	0.44
		1.0	4	0.22	0.44
		2.5	65	0.28	0.56
		5.0	9	0.50	1.00
		10	15	0.83	1.67
		15	20 ^c	1.11	2.22
		4	100	5.56	11.1
		Controlled by wet ESP	C	0.5	18 ^b
1.0	25			0.021	0.04
2.5	33			0.028	0.06
5.0	48			0.041	0.08
10	59 ^b			0.050	0.10
15	69			0.059	0.12
4	100			0.085	0.17

EMISSÃO

Emissão: óxidos de ferro, óxidos de enxofre, compostos de carbono, hidrocarbonetos alifáticos e clorídricos

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

PM 2,5

EF = 0,28 [Kg/Mg]
A = 18000 [Mg/dia]

E = 18000 x 0,28
E = 5040 [Kg/dia]

PM 10

EF = 0,83 [Kg/Mg]
A = 18000 [Mg/dia]

E = 18000 x 0,83
E = 14940 [Kg/dia]

AP 42, Fifth Edition, Volume I
Chapter 12: Metallurgical Industry

Source	EMISSION FACTOR RATING	Particle Size (µm) ^a	Cumulative Mass % ≤ Stated Size	Cumulative Mass Emission Factor	
				kg/Mg	lb/ton
Sintering Windbox Uncontrolled leaving grate	D	0.5	4 ^b	0.22	0.44
		1.0	4	0.22	0.44
		2.5	65	0.28	0.56
		5.0	9	0.50	1.00
		10	15	0.83	1.67
		15	20 ^c	1.11	2.22
		4	100	5.56	11.1
		Controlled by wet ESP	C	0.5	18 ^b
1.0	25			0.021	0.04
2.5	33			0.028	0.06
5.0	48			0.041	0.08
10	59 ^b			0.050	0.10
15	69			0.059	0.12
4	100			0.085	0.17

EMISSÃO

Utilização de um Precipitador Eletrostático Úmido AP 42

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

PM 2,5

EF = 0,028 [Kg/Mg]
A = 18000 [Mg/dia]

E = 18000 x 0,028
E = 504 [Kg/dia]

PM 10

EF = 0,05 [Kg/Mg]
A = 18000 [Mg/dia]

E = 18000 x 0,05
E = 900 [Kg/dia]

EMISSÃO

Utilização de um Precipitador Eletrostático Seco (CST)

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

PM 2,5

EF = 0,28 [Kg/Mg]
A = 18000 [Mg/dia]
ER = 99,5

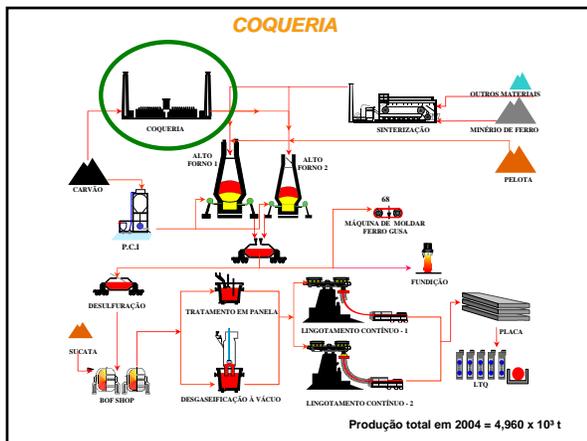
E = 18000 x 0,28 x (1 - 99,5/100)
E = 25,2 [Kg/dia]

PM 10

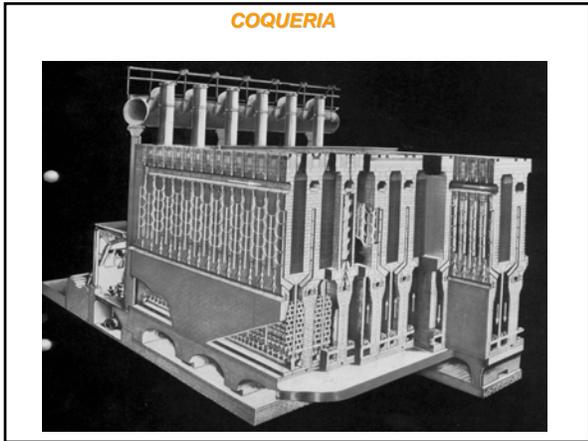
EF = 0,83 [Kg/Mg]
A = 18000 [Mg/dia]
ER = 99,5

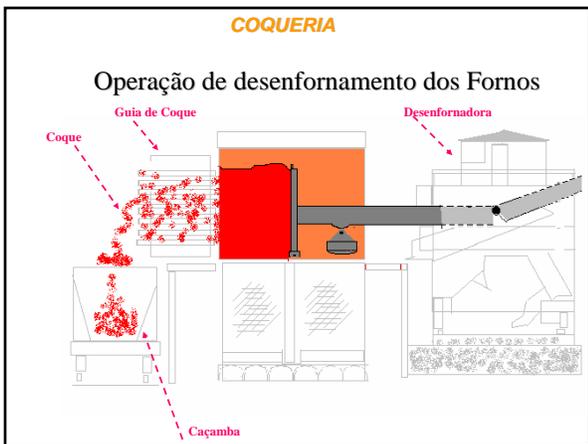
E = 18000 x 0,83 x (1 - 99,5/100)
E = 74,7 [Kg/dia]

COQUERIA









AP 42, Fifth Edition, Volume I
Chapter 12: Metallurgical Industry

Process	Particle Size (µm) ^a	Cumulative Mass % • Stated Size	Cumulative Mass Emission Factors	Reference Source Number
Controlled with venturi scrubber	0.5	24	0.02	10, 12
	1.0	47	0.04	
	2.0	66.5	0.06	
	2.5	73.5	0.07	
	5.0	75	0.07	
	10.0	87	0.08	
	15.0	92	0.08	
		100	0.09	

EMISSÃO

Emissão: COV e partículas da combustão

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

PM 2,5

EF = 0,07 [Kg/Mg]
A = 4850 [Mg/dia]

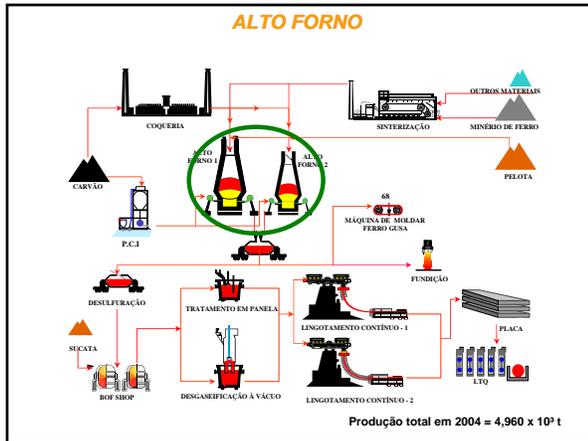
E = 4850 x 0,07
E = 339,5 [Kg/dia]

PM 10

EF = 0,08 [Kg/Mg]
A = 4850 [Mg/dia]

E = 4850 x 0,08
E = 388 [Kg/dia]

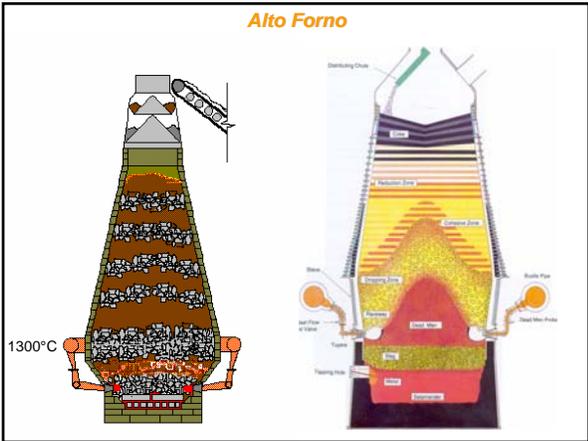
ALTO FORNO



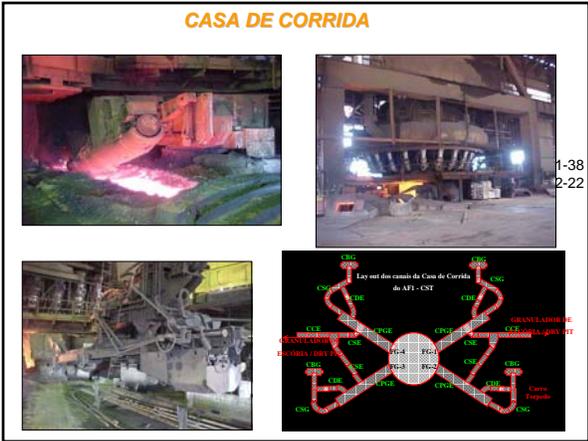
Alto Forno



Alto Forno



CASA DE CORRIDA



AP 42, Fifth Edition, Volume I
Chapter 12: Metallurgical Industry

Blast furnace Uncontrolled casthouse emissions Roof monitor ^f	C	0.5	4	0.01	0.02
		1.0	15	0.05	0.09
		2.5	22	0.07	0.11
		5.0	35	0.11	0.21
		10	51	0.15	0.31
		15	61	0.18	0.37
		— ^d	100	0.3	0.06

EMISSÃO

Emissão: óxidos de ferro, óxidos de magnésio e compostos de carbono

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100)$$

PM 2,5

EF = 0,07 [Kg/Mg]
A = 14000 [Mg/dia]

E = 14000 x 0,07
E = 980 [Kg/dia]

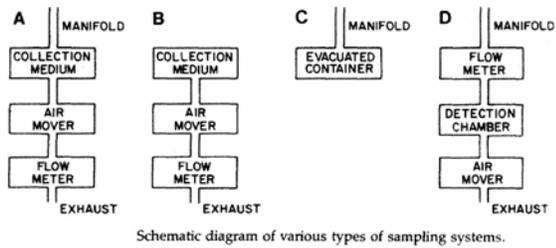
PM 10

EF = 0,15 [Kg/Mg]
A = 14000 [Mg/dia]

E = 14000 x 0,15
E = 2100 [Kg/dia]

The screenshot shows the EPA website interface. The main heading is 'U.S. Environmental Protection Agency Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors'. Below this, there is a section for 'Emissions Factors and Policy Applications Center (EPPAC)'. A red arrow points to the link 'Emissions Factors Software and Tools' in the list of resources.

Análise Experimental



Análise Experimental

- Sistemas In-Situ ➔ Monitoramento contínuo de emissões
- Sistemas Extrativos ➔ Coleta de amostras para análises em laboratório

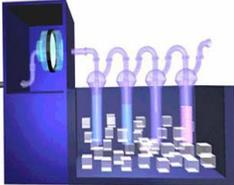
Sistemas de Monitoramento Contínuo







Análise Experimental

- Sistemas In-Situ  Monitoramento contínuo de emissões
- Sistemas Extrativos  

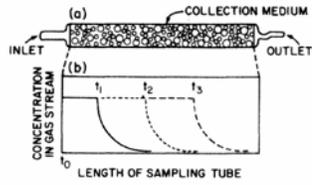


Fig. 13.2 Solid sorbent collection tube. (a) The tube is packed with a granular medium. (b) As the hydrocarbon-containing air is passed through the collection tube at t_1 , t_2 , and t_3 , the collection medium becomes saturated at increasing lengths along the tube.

Análise Experimental

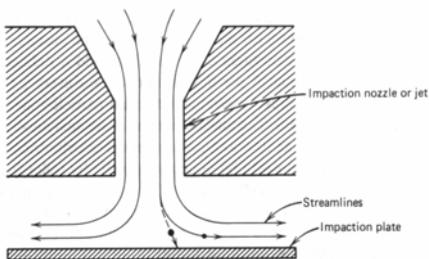
Tedlar bags – FAB: Keika Ventures

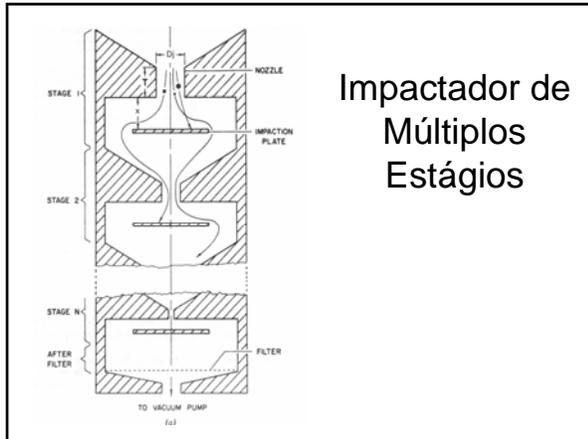


Caracterização física e química do poluente.

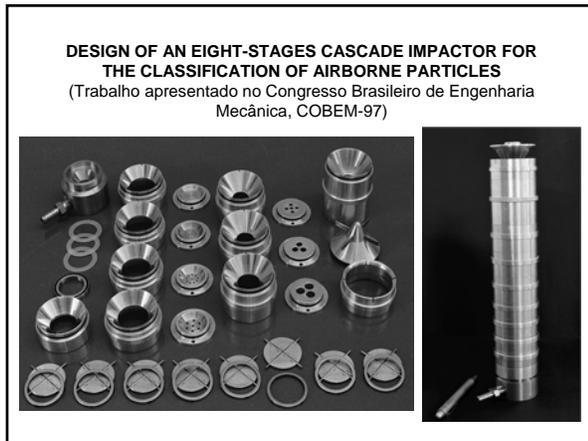
TE = Taxa de emissão.

Coleta de Particulados por Impactação





Impactador de Múltiplos Estágios



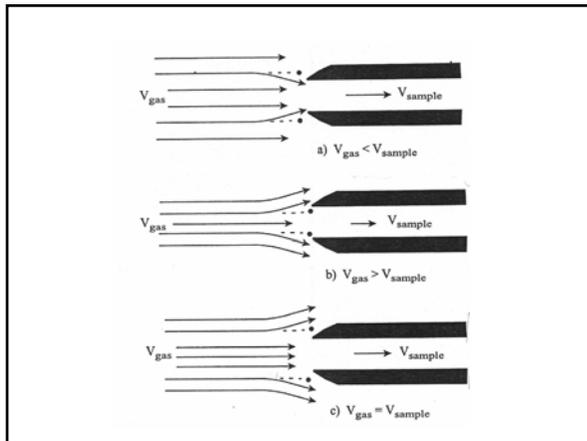
Análise Experimental com Sistemas Extrativos

- Principais cuidados:

ASSEGURAR A REPRESENTATIVIDADE DA AMOSTRA !!!

Análise Experimental com Sistemas Extrativos

- Principais cuidados:
 - Preservar a amostra
 - Medição de vazão de gás
 - Número e posicionamento dos pontos de amostragem



NORMAS DE AMOSTRAGEM

Métodos e Normas Brasileiras da ABNT:

- NBR 10700: Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias - procedimento;
- NBR 10701: Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Procedimento;
- NBR 10702: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação da massa molecular base seca;
- NBR 11966: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da velocidade e vazão;

NORMAS DE AMOSTRAGEM

Métodos e Normas Brasileiras da ABNT:

- NBR 11967: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da umidade;
- NBR 12019: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de material particulado;
- NBR 12020: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem;
- NBR 12021: Efluentes gasosos de dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de dióxido de enxofre, tri-óxido de enxofre e névoas de ácido sulfúrico;
- NBR 12022: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de dióxido de enxofre.

NORMAS DA CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO DE SÃO PAULO)

- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – acompanhamento de amostragem.
L9.223
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação da massa molecular seca e do excesso de ar do fluxo gasoso: método de ensaio.
L9.222
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação da velocidade e vazão dos gases: método de ensaio.
L9.230
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de amônia gasosa: método de ensaio.
L9.231
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de cloro livre e ácido clorídrico: método de ensaio.

NORMAS DA CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO DE SÃO PAULO)

- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de óxido de nitrogênio: método de ensaio.
L9.229
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação do dióxido de enxofre: método de ensaio.
L9.226
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação do sulfeto hidrogênio: método de ensaio.
L9.233
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias – determinação de fluoretos pelo método de eletrodo de íon específico: método de ensaio.
L9.213
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias: amostragem de efluentes para a determinação de compostos orgânicos semi-voláteis : método de ensaio.
L9.232

NORMAS DA CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO DE SÃO PAULO)

E16.030

- Dutos e chaminés de fontes estacionárias: calibração dos equipamentos utilizados na amostragem de efluentes – método de ensaio.
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias: determinação de chumbo inorgânico: método de ensaio.
- Dutos e chaminés de fontes estacionárias: determinação de enxofre reduzido total (ERT) – método de ensaio.
- Dutos e chaminés e fontes estacionárias – determinação de dióxido de enxofre e de nevoas de ácido sulfúrico e trióxido de enxofre: método de ensaio.
- Dutos e chaminés estacionárias – determinação da umidade dos efluentes: método de ensaio.

NORMAS DA EPA (AGÊNCIA AMERICANA DE MEIO AMBIENTE):

- Method 1 6/13/90 Traverse Points.
- Method 1A 6/13/90 Small Ducts.
- Method 2 6/13/90 Velocity S type Pitot.
- Method 2A 6/13/90 Volume Meters.
- Method 2B 4/01/96 Exhaust Volume Flow Rate.
- Method 2C 6/13/90 Standard Pitot.
- Method 2D 6/13/90 Rate Meters.
- Method 2E 6/20/96 Landfill Gas Production Flow Rate.
- Method 3 6/13/90 Molecular Weight.
- Method 3A 6/13/90 CO₂, O₂ Instrumental.
- Method 3B 6/13/90 CO₂, O₂ Orsat.
- Method 3C 6/20/96 CO₂, CH₄, N₂, O₂ TCD.

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>

NORMAS DA EPA (AGÊNCIA AMERICANA DE MEIO AMBIENTE):

- Method 4 6/13/90 Moisture Content.
- Method 5 7/21/95 Particulate Matter (PM).
- Method 5A 6/13/90 PM Asphalt Roofing (Particulate Matter).
- Method 5B 6/13/90 PM Nonsulfuric Acid Particulate Matter.
- Method 5D 6/13/90 PM Baghouses (Particulate Matter).
- Method 5E 6/13/90 PM Fiberglass Plants (Particulate Matter).
- Method 5F 6/13/90 PM Fluid Catalytic Cracking Unit.
- Method 5G 8/12/94 PM Wood Heaters from a Dilution Tunnel.
- Method 5H 8/12/94 PM Wood Heaters from a Stack.
- Method 6 7/21/95 Sulfur Dioxide (SO₂).
- Method 6A 6/13/90 SO₂, CO₂.
- Method 6B 6/13/90 SO₂, CO₂ Long Term Integrated.
- Method 6C 6/13/90 SO₂ Instrumental.
- Method 7 3/12/96 Nitrogen Oxide (NO_x).
- Method 7A 1/28/91 NO_x Ion Chromatographic Method.

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>

NORMAS DA EPA (AGÊNCIA AMERICANA DE MEIO AMBIENTE):

- 7D 8/14/90 NOx Ion Chromatographic.
- Method 7B 9/17/90 NOx Ultraviolet Spectrophotometry.
- Method 7C 9/17/90 NOx Colorimetric Method.
- Method Method 7E 8/14/90 NOx Instrumental.
- Method 8 1/21/93 Sulfuric Acid Mist.
- Method 9 1/14/93 Visual Opacity.
- Method 10 12/12/90 Carbon Monoxide NDIR.
- Method 10A 12/12/90 CO for Certifying CEMS.
- Method 10B 11/08/94 CO from Stationary Sources.
- Method 11 8/14/91 H2S Content of Fuel.
- Method 12 8/20/91 Inorganic Lead.
- Method 13A 8/14/91 Total Fluoride (SPADNS Zirconium Lake).
- Method 13B 8/14/91 Total Fluoride (Specific Ion Electrode).
- Method 14 10/23/91
- Fluoride for Primary Aluminum Plants.

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>

NORMAS DA EPA (AGÊNCIA AMERICANA DE MEIO AMBIENTE):

- 7D 8/14/90 NOx Ion Chromatographic.
- Method 7B 9/17/90 NOx Ultraviolet Spectrophotometry.
- Method 7C 9/17/90 NOx Colorimetric Method.
- Method Method 7E 8/14/90 NOx Instrumental.
- Method 8 1/21/93 Sulfuric Acid Mist.
- Method 9 1/14/93 Visual Opacity.
- Method 10 12/12/90 Carbon Monoxide NDIR.
- Method 10A 12/12/90 CO for Certifying CEMS.
- Method 10B 11/08/94 CO from Stationary Sources.
- Method 11 8/14/91 H2S Content of Fuel.
- Method 12 8/20/91 Inorganic Lead.
- Method 13A 8/14/91 Total Fluoride (SPADNS Zirconium Lake).
- Method 13B 8/14/91 Total Fluoride (Specific Ion Electrode).
- Method 14 10/23/91
- Fluoride for Primary Aluminum Plants.

ASSEGURAR A REPRESENTATIVIDADE DA AMOSTRA !!!

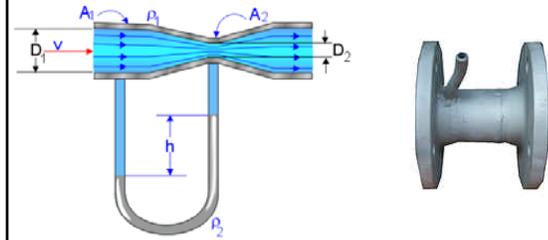
<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>

Análise Experimental com Sistemas Extrativos

Principais cuidados:

- Medição de vazão de gás
- Número e posicionamento dos pontos de amostragem
- Preservar a amostra

Venturi



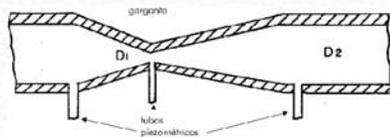


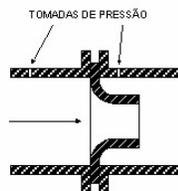
Fig. 4 Medidor Venturi.

La ecuación para obtener la velocidad se deduce de manera similar a la de un medidor de orificio.

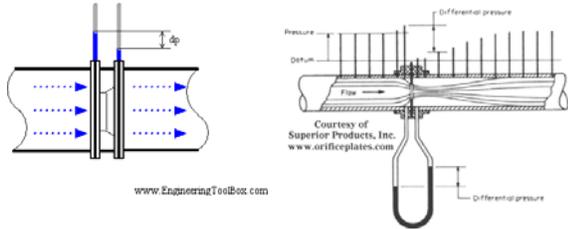
$$v_1 = C_v \sqrt{\frac{2g_c(-\Delta P/\rho)}{1 - (D_1/D_2)^4}} \quad (12)$$

v_1 : velocidad en la garganta
 D_1 : Diámetro de la garganta
 D_2 : Diámetro de la tubería.
 C_v : Coeficiente de descarga, su valor medio es de 0.98.

Bocal

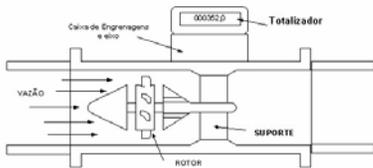


Placa de orifício

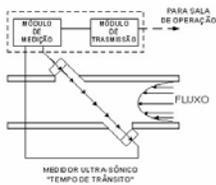


www.EngineeringToolBox.com

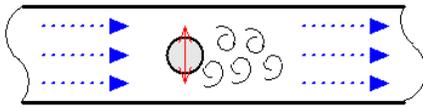
Turbinas



Ultrassom

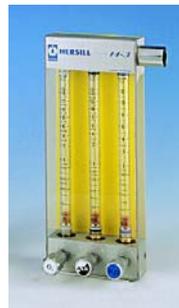
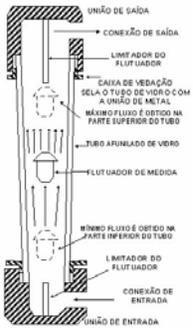


Medidores de vazão por vórtices

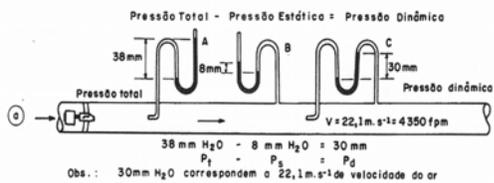


www.EngineeringToolBox.com

Rotâmetros

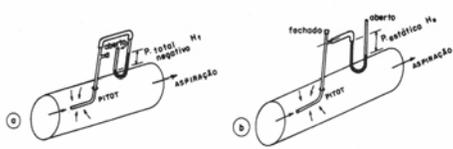


Tubo de Pitot



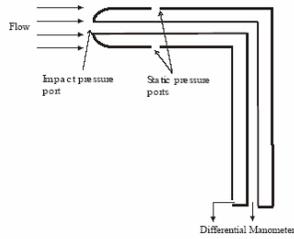
Para medições em dutos de grandes dimensões (ou chaminés), o tubo de Pitot é o procedimento mais utilizado.

Tube de Pitot



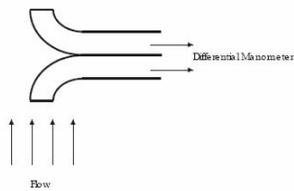
L Type

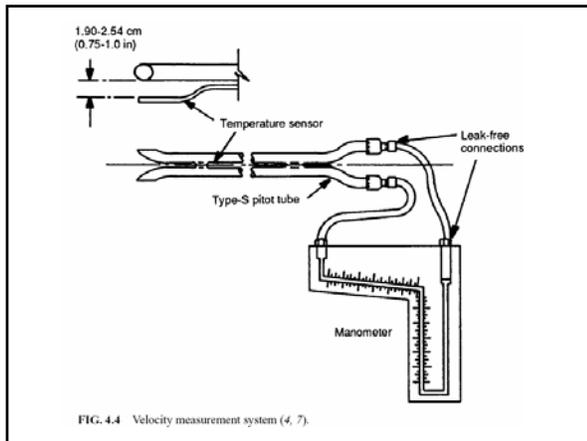
- Defined standard
- Criteria on its construction



S Type

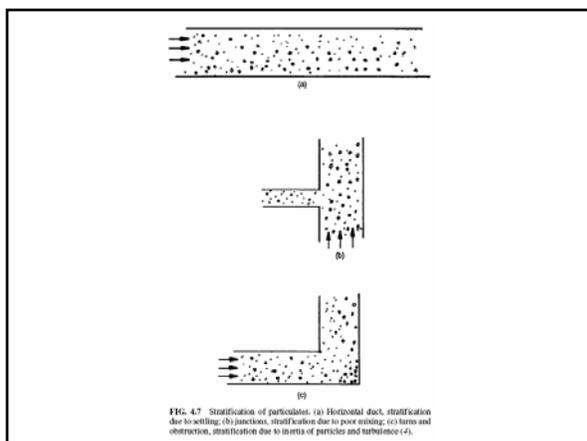
- Larger bore pressure orifices
- Less susceptible to clogging by moisture/dust
- Calibrated against the standard tube
- Easier to fit into stack

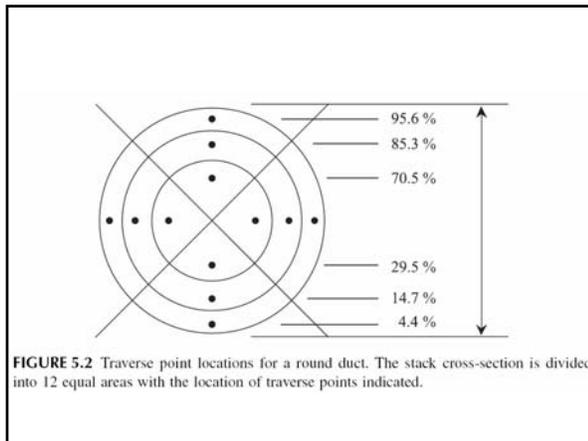


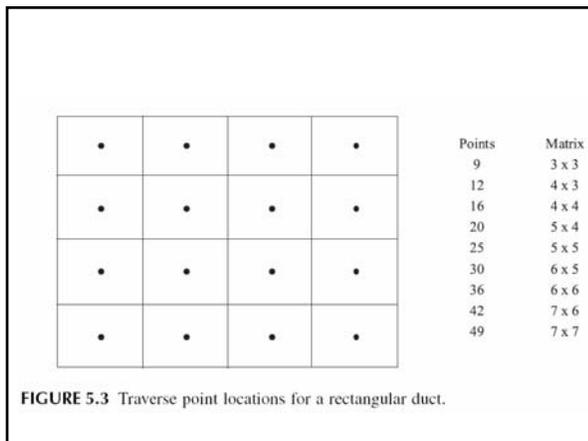


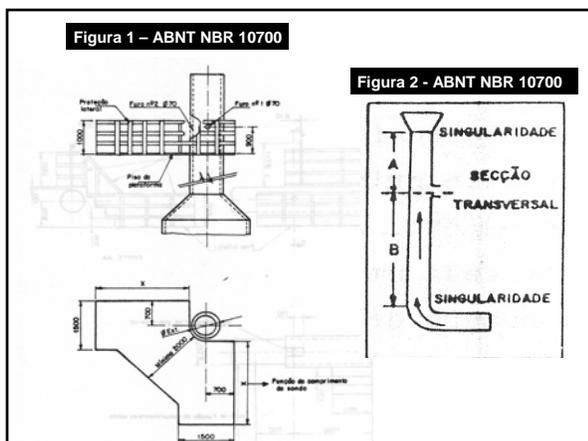
Análise Experimental com Sistemas Extrativos

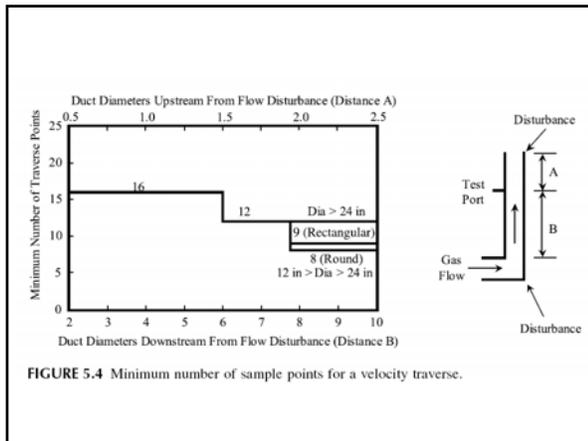
- Principais cuidados:
 - Medição de vazão de gás
 - Número e posicionamento dos pontos de amostragem
 - Preservar a amostra

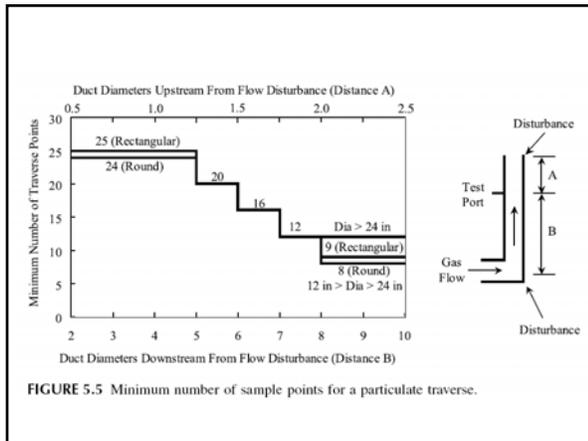












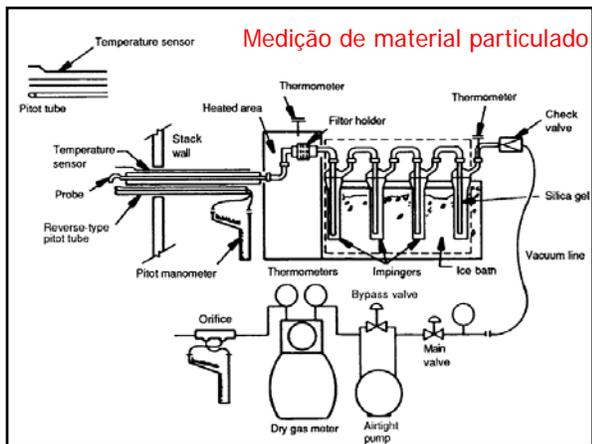


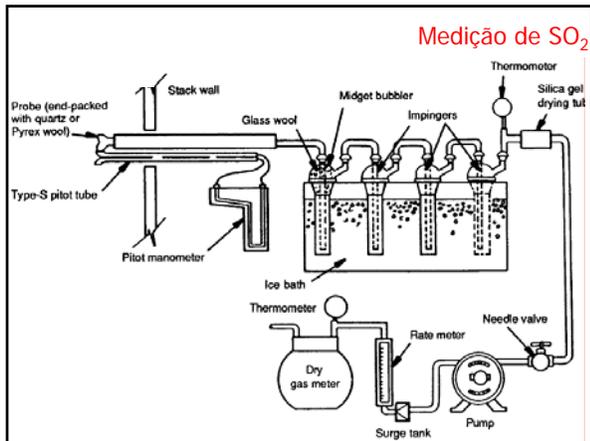


Análise Experimental com Sistemas Extrativos

- Principais cuidados:
 - Medição de vazão de gás
 - Número e posicionamento dos pontos de amostragem
 - Preservar a amostra

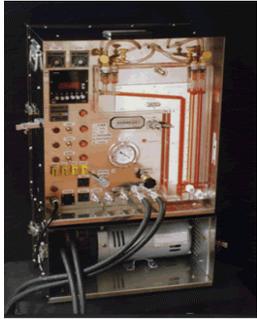
Aço inox
Teflon
Tedlar
e outros materiais "inertes"





EQUIPAMENTOS

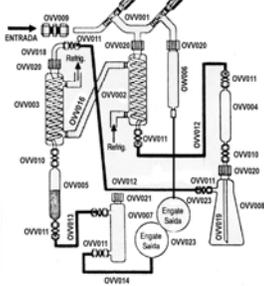
COLETOR ISOCINÉTICO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS PARA DUTOS E CHAMINÉS (CIPA – FAB: ENERGÉTICA)



- Para amostragem, em dutos e chaminés, de material particulado, SO₂, névoa de ácido sulfúrico, fluoretos, amônia e outros;
- Atende às normas em vigor no país (ABNT, FEEMA, CETESB) e nos EUA (US EPA).
- O peso total do conjunto é de aproximadamente 70 Kg, sendo a bomba, com 23 Kg, o componente mais pesado.

Medidor de COV – FAB: ENERGÉTICA

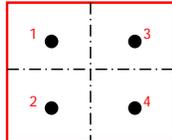
Atende ao Método 030 da US EPA

Exercício:

Quatro amostras iso-cinéticas foram coletadas em um duto de exaustão de seção quadrada de 2m de aresta. Os gases de exaustão estão a uma temperatura de 200°C e pressão de 730 mm Hg. Os gases coletados passaram pelo equipamento de amostragem onde foram determinadas a vazão volumétrica durante a amostragem (CNTP), a massa de material particulado, quantidade de água em cada amostra e a velocidade dos gases no ponto de amostragem. Pede-se:

- A) Determine a vazão volumétrica dos gases de exaustão
- B) Determine a concentração de Material Particulado presente no escoamento nas condições de exaustão e em Nm³.
- C) Determine a taxa de emissão de material particulado.



Ponto de medição	Vazão Volumétrica [Nm ³ /h]	Massa de MP [mg]	Massa de H ₂ O [g]	Velocidade do gás [m/s]
1	1,9	1,42	20	3,0
2	2,1	1,43	30	3,1
3	2,5	1,44	21	3,5
4	2,5	1,43	22	3,4

Programa Detalhado

- Legislação sobre poluição do ar.
- Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão.
- Ferramentas de análise
 - Distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes
 - Distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar
 - Formas alternativas de padronizar a qualidade do ar
- Processos industriais potencialmente poluidores.
 - Estimativas de emissão
 - Técnicas de medição
- Equipamentos de controle de poluição do ar
 - Ventilação Industrial
 - Perda de carga
 - Ventiladores
 - Projeto de tubulação
 - Captores
 - Equipamentos coletores de partículas
 - Filtros de Manga
 - Coletores Inerciais
 - Lavadores de Gases
 - Precipitadores Eletrostáticos
 - Pós-Queimadores
 - Equipamentos coletores de gases e de vapores.
 - Lavadores de Gases
 - Adsorvedores
 - Bio-Filtros
 - Pós-Queimadores
- Produção Mais Limpa

Programa Detalhado

- Legislação sobre poluição do ar.
- Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão.
- Ferramentas de análise
 - Distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes
 - Distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar
 - Formas alternativas de padronizar a qualidade do ar
- Processos industriais potencialmente poluidores.
 - Estimativas de emissão
 - Técnicas de medição
- Equipamentos de controle de poluição do ar
 - Ventilação Industrial
 - Perda de carga
 - Ventiladores
 - Projeto de tubulação
 - Captores
 - Equipamentos coletores de partículas
 - Filtros de Manga
 - Coletores Inerciais
 - Lavadores de Gases
 - Precipitadores Eletrostáticos
 - Pós-Queimadores
 - Equipamentos coletores de gases e de vapores.
 - Lavadores de Gases
 - Adsorvedores
 - Bio-Filtros
 - Pós-Queimadores
- Produção Mais Limpa

Programa Detalhado

- Legislação sobre poluição do ar.
- Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão.
- Ferramentas de análise
 - Distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes
 - Distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar
 - Formas alternativas de padronizar a qualidade do ar
- Processos industriais potencialmente poluidores.
 - Estimativas de emissão
 - Técnicas de medição
- Equipamentos de controle de poluição do ar
 - Ventilação Industrial
 - Perda de carga
 - Ventiladores
 - Projeto de tubulação
 - Captores
 - Equipamentos coletores de partículas
 - Filtros de Manga
 - Coletores Inerciais
 - Lavadores de Gases
 - Precipitadores Eletrostáticos
 - Pós-Queimadores
- Equipamentos coletores de gases e de vapores.
 - Lavadores de Gases
 - Adsorvedores
 - Bio-Filtros
 - Pós-Queimadores
- Produção Mais Limpas

Programa Detalhado

- Legislação sobre poluição do ar.
- Padrões de qualidade do ar e os limites máximos de emissão.
- Ferramentas de análise
 - Distribuição de probabilidade da concentração de contaminantes
 - Distribuições estatísticas das relações entre a atual qualidade do ar e a futura qualidade do ar
 - Formas alternativas de padronizar a qualidade do ar
- Processos industriais potencialmente poluidores.
 - Estimativas de emissão
 - Técnicas de medição
- Equipamentos de controle de poluição do ar
 - Ventilação Industrial
 - Perda de carga
 - Ventiladores
 - Projeto de tubulação
 - Captores
 - Equipamentos coletores de partículas
 - Filtros de Manga
 - Coletores Inerciais
 - Lavadores de Gases
 - Precipitadores Eletrostáticos
 - Pós-Queimadores
 - Equipamentos coletores de gases e de vapores.
 - Lavadores de Gases
 - Adsorvedores
 - Bio-Filtros
 - Pós-Queimadores
- Produção Mais Limpas
